

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-176006

(43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.Cl. H01L 21/268
B23K 26/06
H01L 21/20
H01S 3/00
// B23K101:40

(21)Application number : 2000-373631

(71)Applicant : SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 08.12.2000

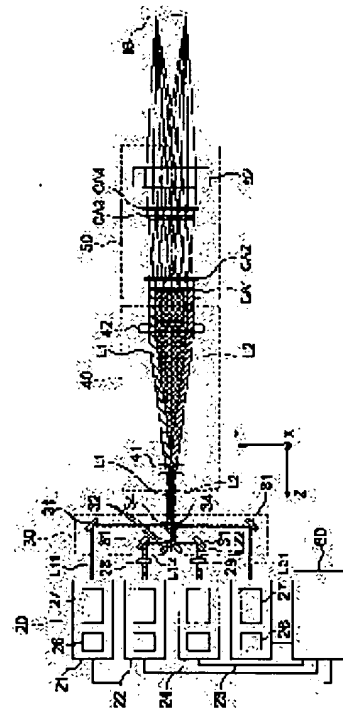
(72)Inventor : YAMAZAKI KAZUNORI

(54) APPARATUS AND METHOD FOR LASER PROCESSING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an apparatus for laser processing capable of simply controlling a pulse shape of a laser beam and enhancing stability of a laser output.

SOLUTION: A trigger signal is output from a control computer 60 to respective solid state laser units 21 to 24 at suitable timing, and laser beams L11 to L22 are emitted from the respective units 21 to 24 at a suitable time difference and polarizing surfaces. The respective beams L11 to L22 are coupled by a coupling optical system 30 to become two sets of the beams L1 and L2 slightly separately advanced in parallel. Both the beams L1 and L2 are enlarged in a beam diameter as retaining as a parallel luminous flux via a telescopic optical system 40, and spatially superposed. The beams L1 and L2 fed through the system 40 are disassembled into secondary light sources of 6×6 by a homogenizer 50, and superposed on a processing surface IS to be incident.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3530484

[Date of registration] 05.03.2004

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-176006

(P 2 0 0 2 - 1 7 6 0 0 6 A)

(43) 公開日 平成14年6月21日 (2002. 6. 21)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H01L 21/268		H01L 21/268	J 4E068
B23K 26/06		B23K 26/06	E 5F052
			C 5F072
H01L 21/20		H01L 21/20	
H01S 3/00		H01S 3/00	B

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-373631 (P 2000-373631)

(22) 出願日 平成12年12月8日 (2000. 12. 8)

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72) 発明者 山崎 和則

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重
機械工業株式会社平塚事業所内

(74) 代理人 100089015

弁理士 牧野 剛博 (外 3 名)

F ターム (参考) 4E068 CA03 CA07 CB10 CD02 CD04

CD05 CD08

5F052 BA11 BB03 DA01

5F072 AB15 HH07 JJ01 JJ05 KK05

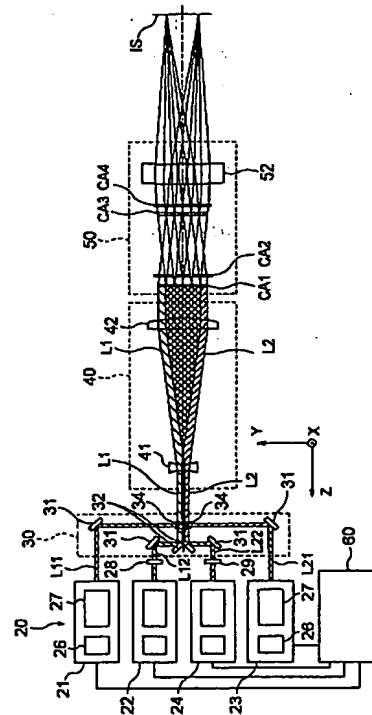
KK12 KK15 KK30 SS06 YY08

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 レーザビームのパルス形状を簡易に制御することができ、レーザ出力の安定性を高めることができるレーザ加工装置を提供すること。

【解決手段】 制御用コンピュータ60から各固体レーザ装置21～24に適切なタイミングでトリガ信号を出力して、各固体レーザ装置21～24から適当な時間差及び偏光面でレーザビームL11～L22を出射させる。各レーザビームL11～L22は、結合光学系30で結合され、僅かに離れて並進する2組のレーザビームL1、L2となる。両レーザビームL1、L2は、テレスコープ光学系40を経て平行光束のままビーム径が拡大されて空間的に重ね合わされる。テレスコープ光学系40を経たレーザビームL1、L2は、ホモジナイザ50によって6×6の2次光源に分解され、加工面IS上に重畳して入射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パルス状のレーザービームを発生する複数の固体レーザー装置を有する光源装置と、前記光源装置からの複数のレーザービームを重畳して対象面に入射させる合成光学系と、

前記複数の固体レーザー装置の動作タイミングを調整して所定の時間的波形を有するパルス形成するタイミング調整装置と、を備えるレーザー加工装置。

【請求項2】 パルス状のレーザービームを発生する複数の固体レーザー装置を有する光源装置と、前記光源装置からの複数のレーザービームを重畳して対象面に入射させる合成光学系と、を備えるレーザー加工装置において、前記光源装置は、 N を自然数として、直線偏光を発生する $2N$ 台の固体レーザー装置を含むとともに、 n を N 以下の自然数として、所定偏光面に設定された第 $(2n-1)$ 番目の固体レーザー装置と前記所定偏光面と異なる偏光面に設定された第 $(2n)$ 番目の固体レーザー装置とは、第 n 番目の光源ユニットを構成し、前記合成光学系は、各光源ユニットから出射する一対のレーザービームをそれぞれ結合して N 組のレーザービームを出射する N 個の偏光ビームスプリッタと、前記 N 組のレーザービームを束ねたレーザービームを複数のレーザービームに分解するとともに分割されたレーザービームを略同一サイズの均一ビームとして前記対象面上に重畳して入射させる均一化光学系とを備えることを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項3】 前記光源装置に含まれる前記固体レーザー装置は、奇数台であり、前記光源ユニットを構成しない固体レーザー装置は、円偏光のレーザービームを前記合成光学系に入射させることを特徴とする請求項2記載のレーザー加工装置。

【請求項4】 前記光源ユニットを構成しない固体レーザー装置は、直線偏光を円偏光に変更する $1/4$ 波長板を備えることを特徴とする請求項3記載のレーザー加工装置。

【請求項5】 前記第 $(2n)$ 番目の固体レーザー装置は、レーザービームの偏光面を変更する $1/2$ 波長板を備えることを特徴とする請求項2から4のいずれか記載のレーザー加工装置。

【請求項6】 前記レーザー加工装置は、前記複数の固体レーザー装置の動作タイミングを調整して所定の時間的波形を有するパルス形成するタイミング調整装置を備えることを特徴とする請求項2から5のいずれか記載のレーザー加工装置。

【請求項7】 前記タイミング調整装置は、前記複数のレーザービームを時系列的につないで所定の時間的波形を有するパルス形成することを特徴とする請求項1及び6のいずれか記載のレーザー加工装置。

【請求項8】 前記固体レーザー装置は、レーザービームの出射口に光路長を調整する光学素子をそれぞれ備えることを特徴とする請求項1から7のいずれか記載のレーザー

加工装置。

【請求項9】 複数の固体レーザー装置を準備して当該複数の固体レーザー装置からパルス状のレーザービームを所定の時間差でそれぞれ発生させる工程と、

前記複数の固体レーザー装置からの複数のレーザービームを空間的に重ね合わせる工程と、

重ね合わせた前記複数のレーザービームを分割後に略同一サイズの均一ビームとして重畳して対象面に入射させる工程と、を備えることを特徴とするレーザー加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パルスレーザーを用いたレーザー加工装置及び方法、特に半導体薄膜のアニールに適したレーザー加工装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】アニーリング、リソグラフィ、ドーピング等の半導体プロセスでは、光子エネルギーや微細化の観点から有用として、紫外光が主に利用されている。

【0003】半導体プロセスに利用される従来のレーザー加工装置として、例えばエキシマレーザーを用いて非晶質 Si を多結晶 Si に変換するレーザーアニール装置が知られている。このようなレーザーアニール装置では、高出力のエキシマレーザーからのパルスレーザーを均一化光学系で一旦分割するとともに同一サイズの均一ビームとして加工面に重畳して照射することが行なわれている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のようなレーザー加工装置では、レーザービームのパルス波形をほとんど制御することができないので、プロセスに対する自由度が小さくなる。また、エキシマレーザーの性能の限界から、レーザー出力の安定性が低く（通常、 $\pm 3\%$ 程度に達する）、この影響を受けてプロセス精度が悪化するという傾向がある。また、エキシマレーザーを組み込むことで、装置の設置面積が増大せざるを得ず、省スペース化の要求に応じることができない。さらに、エキシマレーザーは、高価でありガス交換等のメンテナンスコストも大である。

【0005】そこで、本発明は、レーザービームのパルス波形を簡易に制御することができ、しかも、レーザー出力の安定性を高めることができ、省スペース化及びコスト低減の要求にも応じることができるレーザー加工装置及び方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係るレーザー加工装置は、パルス状のレーザービームを発生する複数の固体レーザー装置を有する光源装置と、光源装置からの複数のレーザービームを重畳して対象面に入射させる合成光学系と、複数の固体レーザー装置の動作タイミングを調整して所定の時間的波形を有するパルス形成するタイミング調整装置とを備える。

【0007】上記レーザ加工装置では、光源装置として複数の固体レーザ装置を有するものを用いるので、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることができ、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。さらに、タイミング調整装置によって複数の固体レーザ装置の動作タイミングを調節しつつ合成光学系を用いて対象面上に各レーザビームを重畳して入射させるので、固体レーザでは従来比較的低いとされてきたレーザ出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。

【0008】なお、固体レーザ装置は、比較的低波長のレーザビームを発生するレーザ発振素子を備えるものとし、このレーザ発振素子からのレーザビームを適当な高調波発生器で目標値まで短波長化して出射させることができる。

【0009】また、レーザ加工装置は、通常、加工の対象であるワークを載置して3次元的に移動するステージと、上記光源装置及び合成光学系に対してステージを移動させレーザビームをワークの対象面上で適当なタイミング及び距離だけ移動させる駆動手段と、光源装置や駆動手段を統括的に制御するコンピュータ装置とを備える構造をとる。

【0010】また、本発明に係る別のレーザ加工装置は、パルス状のレーザビームを発生する複数の固体レーザ装置を有する光源装置と、光源装置からの複数のレーザビームを重畳して対象面に入射させる合成光学系とを備えるレーザ加工装置において、光源装置が、 N を自然数として、直線偏光を発生する $2N$ 台の固体レーザ装置を含むとともに、 n を N 以下の自然数として、所定偏光面に設定された第 $(2n-1)$ 番目の固体レーザ装置と所定偏光面と異なる偏光面に設定された第 $(2n)$ 番目の固体レーザ装置とが、第 n 番目の光源ユニットを構成し、合成光学系が、各光源ユニットから出射する一対のレーザビームをそれぞれ結合して N 組のレーザビームを出射する N 個の偏光ビームスプリッタと、 N 組のレーザビームを束ねたレーザビームを複数のレーザビームに分解するとともに分割されたレーザビームを略同一サイズの均一ビームとして対象面上に重畳して入射させる均一化光学系とを備える。

【0011】上記レーザ加工装置では、複数の固体レーザ装置を用いるので、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることができ、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。また、発生した複数のレーザビームを空間的に重ね合わせるので、レーザ出力を見かけ上増大させたパルスを生成することができる。さらに、重ね合わせた複数のレーザビームを分割後に略同一サイズの均一ビームとして重畳して対象面に入射させるので、対象面に入射するレーザビームの光量分布の均一性を確保することができ、より均一なレーザ加工が可能になる。

さらに、上記レーザ加工装置では、光源装置が、偏光面

の異なる一対の固体レーザ装置からなる光源ユニットを複数備え、合成光学系が、各光源ユニットから出射する一対のレーザビームをそれぞれ結合して N 組のレーザビームを出射する N 個の偏光ビームスプリッタと、 N 組のレーザビームを束ねたレーザビームを複数のレーザビームに分解するとともに分割されたレーザビームを略同一サイズの均一ビームとして対象面上に重畳して入射させる均一化光学系とを備えるので、対象面に入射するレーザビームの偏光面の偏よりを低減しつつ光量分布の均一性を確保することができ、さらに均一なレーザ加工が可能になる。

【0012】上記装置の好ましい態様では、光源装置に含まれる固体レーザ装置が、奇数台であり、光源ユニットを構成しない固体レーザ装置が、円偏光のレーザビームを合成光学系に入射させることを特徴とする。

【0013】上記レーザ加工装置では、光源ユニットを構成しない固体レーザ装置が円偏光のレーザビームを合成光学系に入射させるので、対象面に入射するレーザビームの偏光特性の偏よりを低減することができる。

【0014】上記装置の好ましい態様では、光源ユニットを構成しない固体レーザ装置が、直線偏光を円偏光に変更する $1/4$ 波長板を備えることを特徴とする。この場合、簡易に円偏光を得ることができる。

【0015】上記装置の好ましい態様では、第 $(2n)$ 番目の固体レーザ装置が、レーザビームの偏光面を変更する $1/2$ 波長板を備えることを特徴とする。この場合、レーザビームの偏光面を簡易に直交方向に変更することができる。

【0016】上記装置の好ましい態様では、タイミング調整装置が、複数のレーザビームを時系列的につないで所定の時間的波形を有するパルスを形成することを特徴とする。この場合、パルス波形を経時的に減衰するものとすることができ、冷却時間の制御が必要となるレーザアニーリング装置への応用に好適である。

【0017】上記装置の好ましい態様では、固体レーザ装置が、レーザビームの出射口に光路長を調整する光学素子をそれぞれ備えることを特徴とする。この場合、対象面上にスペックルパターンが発生して均一な加工の妨げとなることを防止することができる。

【0018】本発明に係るレーザ加工方法は、複数の固体レーザ装置を準備してこれら複数の固体レーザ装置からパルス状のレーザビームを所定の時間差でそれぞれ発生させる工程と、複数の固体レーザ装置からの複数のレーザビームを空間的に重ね合わせる工程と、重ね合わせた複数のレーザビームを分割後に略同一サイズの均一ビームとして重畳して対象面に入射させる工程とを備えることを特徴とする。

【0019】上記レーザ加工方法では、複数の固体レーザ装置を用いるので、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることができ、省スペース化及びコスト低減を

図ることができる。また、複数の固体レーザ装置からパルス状のレーザビームを所定の時間差でそれぞれ発生させるとともに、発生した複数のレーザビームを空間的に重ね合わせるので、レーザ出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。さらに、重ね合わせた複数のレーザビームを分割後に略同一サイズの均一ビームとして重畳して対象面に入射させるので、対象面に入射するレーザビームの光量分布の均一性を確保することができ、より均一なレーザ加工が可能になる。

【0020】

【発明の実施の形態】〔第1実施形態〕図1は、本発明に係る第1実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。

【0021】このレーザ加工装置は、紫外域のレーザビームを発生する4つの固体レーザ装置21～24を備える光源装置20と、各固体レーザ装置21～24から出射したレーザビームを適宜結合して2組のレーザビームL1、L2を発生する結合光学系30と、結合光学系30を経た2組のレーザビームL1、L2を拡大して空間的に重ね合わせるテレスコープ光学系40と、テレスコープ光学系40で重ね合わされたレーザビームL1、L2を複数のレーザビームに分解するとともに分割されたレーザビームを同一サイズの均一ビームとして加工面IS上に重畳して入射させる均一化光学系であるホモジナイザ50と、光源装置20を構成する各固体レーザ装置21～24の動作タイミングを調整するタイミング調整装置である制御用コンピュータ60とを備える。なお、結合光学系30、テレスコープ光学系40、及びホモジナイザ50は、合成光学系を構成する。

【0022】光源装置20は、同一構造の偶数の第1～4固体レーザ装置21～24を備える。第1及び第2固体レーザ装置21、22は、第1番目の光源ユニットを構成し、第3及び第4固体レーザ装置23、24は、第2番目の光源ユニットを構成する。各固体レーザ装置21～24は、その本体がYZ面内に偏光面を有する直線偏光を発生するように配置されているが、偶数番目の第2及び第4固体レーザ装置22、24については、ビーム出射口の近傍に偏光面を90度回転させる1/2波長板28、29を設けている。結果的に、第1及び第3固体レーザ装置21、23から結合光学系30に入射するレーザビームL11、L21は、YZ面内に偏光面を有する直線偏光となり、第2及び第4固体レーザ装置22、24から結合光学系30に入射するレーザビームL12、L22は、XZ面内に偏光面を有する直線偏光となる。

【0023】各固体レーザ装置21～24は、波長約1.053μmの直線偏光であるレーザ光を発生するYLF等の固体レーザ素子26と、この固体レーザ素子26から出射されたレーザ光を3倍の高調波に高効率で変換する高調波発生器である波長変換素子27とを備え

る。

【0024】結合光学系30は、偏向用のターンミラー31、32と、ビーム結合用の偏光ビームスプリッタ34とを備える。第1光源ユニットを構成する第1及び第2固体レーザ装置21、22からのレーザビームL11、L12は、ターンミラー31、32で偏向されて一方の偏光ビームスプリッタ34の一对の入射面に入射し、ここで結合されてレーザビームL1となる。第2光源ユニットを構成する第3及び第4固体レーザ装置23、24からのレーザビームL21、L22も、ターンミラー31、32で偏向されて他方の偏光ビームスプリッタ34の一对の入射面に入射し、ここで結合されてレーザビームL2となる。

【0025】図2は、偏光ビームスプリッタ34の働きを説明する図である。第1固体レーザ装置21からのレーザビームL11は、P偏光として第1偏光ビームスプリッタ34に入射して偏光分離面43aで反射され、第2固体レーザ装置22からのレーザビームL12は、S偏光として第1偏光ビームスプリッタ34に入射して偏光分離面43aを通過する。これにより、両レーザビームL11、L12が結合されて偏光方向に偏りのないランダム偏光（自然偏光）状態のレーザビームL1となる。

【0026】また、第3固体レーザ装置23からのレーザビームL21は、P偏光として第2偏光ビームスプリッタ34に入射して偏光分離面43aで反射され、第4固体レーザ装置24からのレーザビームL22は、S偏光として第2偏光ビームスプリッタ34に入射して偏光分離面43aを通過する。これにより、両レーザビームL21、L22が結合されて偏光方向に偏りのないランダム偏光のレーザビームL2となる。

【0027】図1に戻って、テレスコープ光学系40は、凹レンズ41と凸レンズ42とを備える。結合光学系30を出射した2組のレーザビームL1、L2は、近接して並進し、凹レンズ41を経て発散された後、凸レンズ42を平行光束にされる。この結果、各レーザビームL1、L2のビーム径が増大し、両レーザビームL1、L2は、ほぼ全体に亘って空間的に重複して束ねられた状態となる。両レーザビームL1、L2の拡大率は、ホモジナイザ50の開口サイズに合わせて適宜調整されている。なお以上の説明では、テレスコープ光学系40を凹凸レンズからなるガリレオタイプとしたが、テレスコープ光学系40は、一对の凸レンズからなるケプラータイプとすることもでき、これによっても上記と同様に、各レーザビームL1、L2のビーム径を増大させつつこれらを空間的に略重複させることができる。

【0028】ホモジナイザ50は、シリンドリカルレンズアレイCA1～CA4によりレーザビームL1、L2を一旦2次元的に分解して多数の2次光源を形成するとともに、これらの2次光源を加工面IS上に重畳して入射させ、レーザ照射の均一化を図る働きを有する。

【0029】図3は、ホモジナイザ50の構造をより詳細に説明する図である。図からも明らかなように、ホモジナイザ20は、第1～第4シリンドリカルレンズアレイCA1～CA4と、凸レンズのコンデンサレンズ2とからなる。ここで、第1及び第3シリンドリカルレンズアレイCA1、CA3は、YZ断面に曲率を有し、第2及び第4シリンドリカルレンズアレイCA2、CA4は、XZ断面に曲率を有する。なおこの場合、ホモジナイザ20を4つのシリンドリカルレンズアレイで構成して被照射面ISに投影されるビームサイズを各軸(X, Y)に

10

関して調整できるようにしているが、ビームサイズを可変にする必要がなければ、ホモジナイザ20は、XZ断面及びYZ断面にそれぞれ曲率を持つシリンドリカルレンズアレイを一個ずつ用いた、計2枚のレンズアレイ構成とすることもできる。

【0030】ホモジナイザ50に入射したレーザービームL1、L2は、第1及び第3シリンドリカルレンズアレイCA1、CA3によって、Y方向に関し、アレイを構成するセグメント数に対応して6分割される。また、レーザービームL1、L2は、第2及び第4シリンドリカルレンズアレイCA2、CA4によって、X方向に関しても、アレイを構成するセグメント数に対応して6分割される。この結果、6×6に分割された2次光源が形成される。分割された2次光源からの光ビームは、コンデンサレンズ21に入射する。コンデンサレンズ21に入射した各2次光源からの光ビームは、コンデンサレンズ21のバックフォーカス位置に配置された被照射面ISで重ね合わされて矩形領域を均一に照射する。なお以上の説明では、シリンドリカルレンズアレイCA1～CA4を用いて各軸(X, Y)に関してレーザービームを6分割しているが、分割数は任意である。分割数が多くなれば、通常形成される均一ビームの均一度は向上するが、光量ロスが

20

30

逆に大きくなる。

【0031】なお、レーザービームL1、L2はY方向に位置ずれを有しており、完全に重なり合っておらず、一部がはみ出した状態となっている。しかし、ホモジナイザ50からビームが溢れなければ、光量ロスは生じない。この際、レーザービームL1、L2のY方向の位置ずれは、第1シリンドリカルレンズアレイCA1の1セグメント分の間隔とすることが望ましい。これにより、各セグメント、特に上下両端のセグメントに入射するレーザービームの空間的強度分布を均一にすることができる。

40

【0032】図1に戻って、制御用コンピュータ60は、光源装置20を構成する各固体レーザー装置21～24にトリガ信号を出力することにより、これら固体レーザー装置21～24の発振タイミングを調整する。これにより、各固体レーザー装置21～24からのレーザービームL11～L22の出射タイミングが調整され、全体として1つのパルス形状を形成することができる。

【0033】図4は、レーザービームL11～L22を適当な

50

時間差でつなげて1つのパルスを形成する方法を説明する図である。最初に、第1固体レーザー装置21からレーザービームL11が射出する。次に、遅延時間 t_1 で、第2固体レーザー装置22からレーザービームL12が射出する。次に、遅延時間 t_2 で、第3固体レーザー装置23からレーザービームL21が射出する。次に、遅延時間 t_3 で、第4固体レーザー装置24からレーザービームL22が射出する。各レーザービームL11～L22の強度や遅延時間 t_1 ～ t_3 を適宜調節することにより、等価的に任意の波形を有するパルスPLを形成することができる。このような長いパルスPLによる加工は、冷却時間を制御する必要があるレーザーアニリング装置で特に有効な照射方法である。

【0034】各レーザービームL11～L22の強度は、各固体レーザー装置21～24の出力をフィルタを用いて減衰させること等によって適宜調節可能である。遅延時間 t_1 ～ t_3 は、制御用コンピュータ60から各固体レーザー装置21～24に供給するトリガ信号のタイミングによって調整することができる。

【0035】以下、図1に示す第1実施形態のレーザー加工装置の動作について説明する。まず、制御用コンピュータ60から各固体レーザー装置21～24に適当なタイミングでトリガ信号を出力して、各固体レーザー装置21～24から適当な時間差及び偏光面でレーザービームL11～L22を射出させる。各レーザービームL11～L22は、結合光学系30で結合され、僅かに離れて並進する2組のレーザービームL1、L2となる。両レーザービームL1、L2は、テレスコープ光学系40を経て平行光束のままビーム径が拡大されて空間的に重ね合わされる。テレスコープ光学系40を経たレーザービームL1、L2は、ホモジナイザ50によって6×6の2次光源に分解され、加工面IS上に重畳して入射する。

【0036】この際、光源装置20として固体レーザー装置21～24を用いているので、エキシマレーザー等の気体レーザーを用いた場合に比較して、レーザー出力の安定性が高まる(通常±1%程度以下)。よって、レーザービームの強度及びパルス波形を安定したものとできる。また、固体レーザー装置21～24は、気体レーザー等に比較して小型かつ安価であるので、レーザー加工装置の省スペース化及びコスト低減を図ることができ、メンテナンスも簡単かつ安価である。また、4つの固体レーザー装置21～24からレーザービームL11～L22を所定の時間差でそれぞれ発生させるとともに、発生した複数のレーザービームL11～L22を空間的に重ね合わせることで、レーザー出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。これにより、加工面ISにおける照射面積をある程度大きくすることができるとともに、プロセスの自由度を高めることができる。また、ホモジナイザ50を用いて加工面ISに入射するレーザービームの光量分布を均一なものとしているので、対象領域の均一なレー

ザ加工が可能になる。

【0037】以上説明した第1実施形態では、光源装置20を構成する固体レーザ装置21～24を4台としたが、Nを任意の自然数として2N台（つまり任意の偶数台）の固体レーザ装置によって光源装置を構成することができる。この場合、nをN以下の自然数として、第

(2n-1)番目の固体レーザ装置からのレーザビームを例えばP偏光とし、第(2n)番目の固体レーザ装置からのレーザビームをS偏光とする。結合光学系30では、これを構成するN個の偏光ビームスプリッタのうちn番目のものを用いて第(2n-1)番目と第(2n)番目の固体レーザ装置からの一対のレーザビームを結合してランダム偏光とし、かかるランダム偏光のレーザビームをN組得る。テレスコープ光学系40では、N組のレーザビームをそれぞれ拡大して束ね、ホモジナイザ50では、束ねられたレーザビームを多数の2次光源に分解して加工面IS上に重畳して均一に入射させる。

【0038】このように多数の固体レーザ装置を用いて光源装置を構成し、各固体レーザ装置の発振タイミング等を調節するならば、等価的に生成できるパルスは、さらに長くなり、種々の波形を有するものとできる。

【第2実施形態】図5は、本発明に係る第2実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。

【0039】第2実施形態のレーザ加工装置は、第1実施形態の光源装置20を変形して3つの固体レーザ装置21、22、123からなる光源装置120としたものであり、第1実施形態と共通する部分には同一の符号を付して重複説明を省略する。

【0040】この場合、光源装置120は、第1及び第2固体レーザ装置21、22のほか、適当な偏光面の直線偏光を発生する第3固体レーザ装置123を備える。第3固体レーザ装置123は、ビーム出射口の近傍に1/4波長板129を設けている。これにより、結合光学系130に入射するレーザビームL20は直線偏光から円偏光に変換される。結合光学系130に入射したレーザビームL20は、ターンミラー31、32を経て光路を変更され、偏光ビームスプリッタ34で結合されたレーザビームL1と近接して平行に進行することとなる。

【0041】以上説明した第2実施形態では、ランダム偏光を発生するための光源ユニット21、22を構成しない半端な第3固体レーザ装置123からのレーザビームL20を円偏光に変換している。これは、加工面ISに入射する偏光方向によって吸収率、反射率等に差が出るため、プロセス上の問題が発生する可能性があることを考慮したものである。したがって、プロセス上直線偏光でも問題がなければ、1/4波長板129を省略してもよい。

【0042】また、上記第2実施形態では、光源装置120を構成する固体レーザ装置を3台としたが、Nを任意の自然数として2N+1台（つまり任意の奇数台）の

固体レーザ装置によって光源装置を構成することができる。この場合、2N台までは、光源装置120及び結合光学系130を第1実施形態の光源装置及び結合光学系と同様に配置・構成し、残りの1台の固体レーザ装置からの直線偏光は、1/4波長板129によって円偏光として、結合光学系130に入射させる。

【第3実施形態】図6は、第3実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。第3実施形態の装置は、第1実施形態のレーザ加工装置を組み込んだシステムである。

【0043】図示のレーザアニール装置は、アモルファス状Si等の半導体薄膜を表面上に形成したガラス板であるワークWを載置して3次元的に滑らかに移動可能なステージ10と、ワークW上の半導体薄膜を加熱するため紫外域のレーザビームを発生する複数の固体レーザ装置21～24を内蔵する光源装置20と、各固体レーザ装置21～24からの複数のレーザビームを結合して束ねる結合光学系30と、結合光学系30を経たレーザビームを拡大して空間的に重ね合わせるテレスコープ光学系40と、重ね合わされたレーザビームを複数のレーザビームに分解するとともに同一サイズの均一ビームとして加工面IS上に重畳して入射させるホモジナイザ50と、ワークWを載置したステージ10の位置を検出する位置センサ70と、位置センサ70の検出結果に基づいてステージ10をホモジナイザ50等に対して必要量だけ適宜移動させる駆動手段であるステージ駆動装置80と、レーザアニール装置全体の各部の動作を統括的に制御するコンピュータ主制御装置160とを備える。

【0044】以下、図6の装置の動作について説明する。まず、レーザアニール装置のステージ10上にワークWを搬送して載置する。次に、ホモジナイザ50等の照射光学系に対してステージ10をX軸方向に移動させながら、照射光学系からのレーザビームLBをワークW上に入射させる。これにより、レーザビームLBによるワークWの主走査が行われる。さらに、主走査の終了ごとにステージ10をY軸方向にステップ移動させる副走査を行えば、ワークW全面のレーザアニールが可能になる。なお、ホモジナイザ50等によって矩形ではなく線状のレーザビームLBを形成すれば、ステージ10をX軸方向に移動させるだけで、ワークW全面のレーザアニールが可能になる。

【0045】レーザビームLBの走査に際しては、各固体レーザ装置21～24の動作タイミングを調節することにより、経時的に所望の分布を有するパルス波形を形成する。これにより、冷却時間の制御が可能になり、多様なニーズに応えることができる。なお、連続する一対のレーザビームLBの照射領域は、ステージ10の駆動を適宜制御することによって適量重複したものとすることもできるが、隙間無くつなぎ合わせたものとすることもできる。

【0046】以上、実施形態に即してこの発明を説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば上記実施形態では、1/2波長板28、29を用いて偏光面を回転させているが、第2及び第4固体レーザ装置22、24自体を光軸の回りに90度回転させれば、1/2波長板28、29は不要となる。つまり、何らかの方法で、レーザビームL11、L21の偏光面と、レーザビームL12、L22の偏光面とを直交した状態として結合光学系30に入射させればよい。

【0047】また、上記実施形態では、波長変換素子27とを用いて紫外光を発生しているが、それ自体で紫外光を発生する固体レーザ素子26を用いるならば、波長変換素子27を用いることによるエネルギー密度のロス

を低減することができる。
【0048】また、加工面IS上にレーザビームによってスペckルパターンが形成されるような場合は、図7に示すように、各固体レーザ装置21～24の射出口に光路長すなわち位相を調節する素子21a～24aを設けることができる。図示していないが、第2実施形態の場合も各固体レーザ装置21、22、123の射出口に光路長調節用の素子を配置することができる。各素子21a～24aは、単なる石英ガラス板とすることができ、固体レーザ装置21～24相互の位相を調整することにより、スペckルパターンを目立たなくすることができる。

【0049】また、上記実施形態のレーザ加工装置は、液晶や半導体のレーザアニーリング装置としてのみ使用されるものではなく、多様な材料の表面改質その他の様々な加工に応用可能である。

【0050】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のレーザ加工装置によれば、レーザ出力の安定性を比較的高いものとしてすることができ、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。さらに、レーザ出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。

【0051】また、本発明の別のレーザ加工装置によれば、レーザ出力の安定性を比較的高いものとしてすることが

でき、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。さらに、レーザ出力を見かけ上増大したパルスを生成することができ、しかも、より均一なレーザ加工が可能になる。

【0052】また、本発明のレーザ加工方法によっても、レーザ出力の安定性を比較的高いものとしてすることができ、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。また、レーザ出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。さらに、対象面に入射するレーザビームの光量分布の均一性を確保することができ、より均一なレーザ加工が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。

【図2】結合光学系を構成する偏光ビームスプリッタの働きを説明する図である。

【図3】ホモジナイザの構造を説明する図である。

【図4】加工面上に投影されるレーザビームの合成パルス波形を説明する図である。

【図5】第2実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。

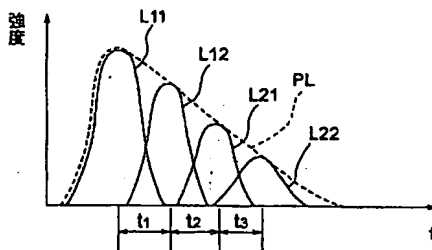
【図6】第3実施形態のレーザアニール装置の構造を説明する図である。

【図7】第1実施形態のレーザ加工装置の変形を説明する図である。

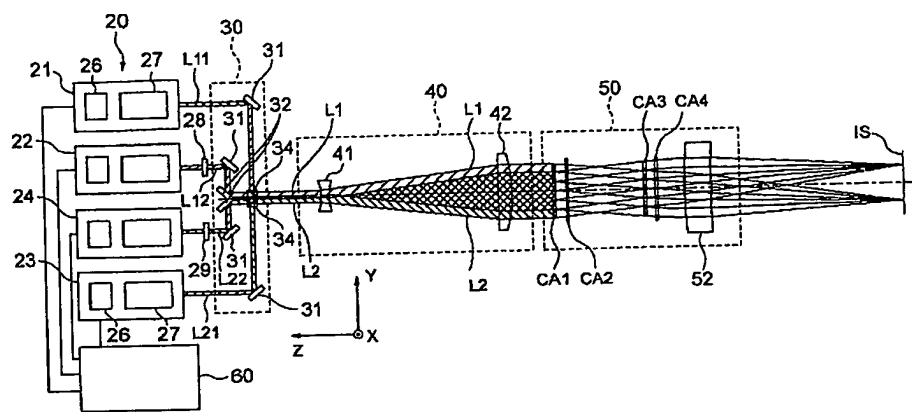
【符号の説明】

- 10 ステージ
- 20 ホモジナイザ
- 20 光源装置
- 21～24 固体レーザ装置
- 26 固体レーザ素子
- 27 波長変換素子
- 28、29 1/2波長板
- 30 結合光学系
- 34 偏光ビームスプリッタ
- 40 テレスコプ光学系
- 50 ホモジナイザ
- 60 制御用コンピュータ

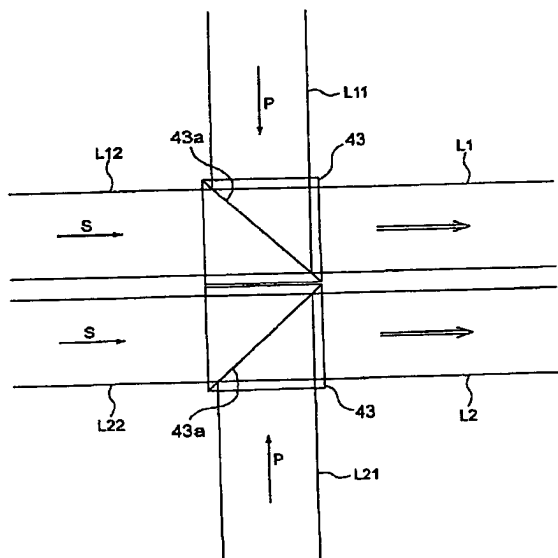
【図4】



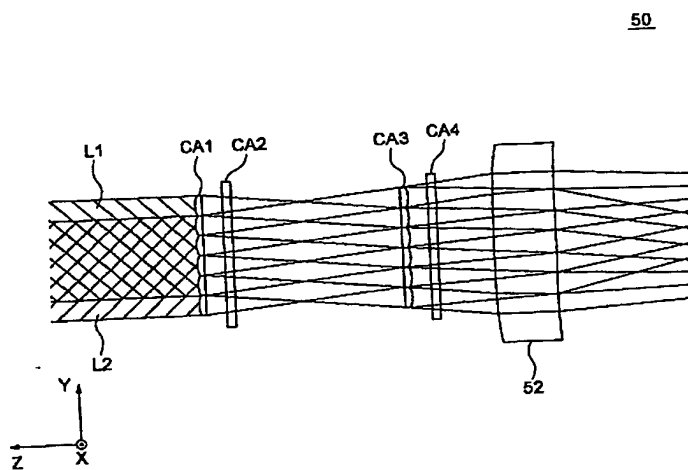
【図1】



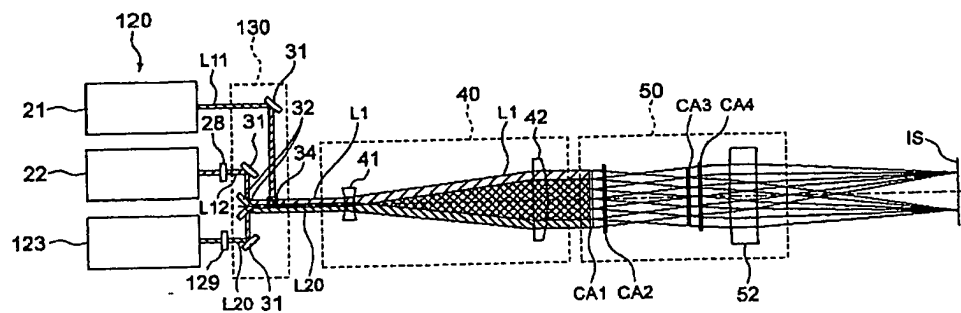
【図2】



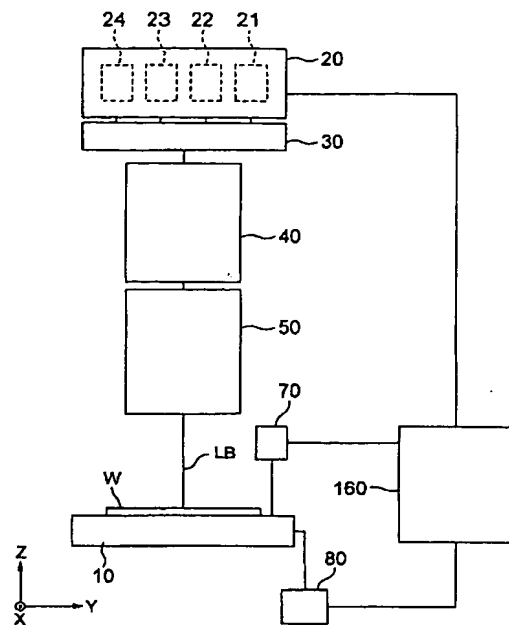
【図3】



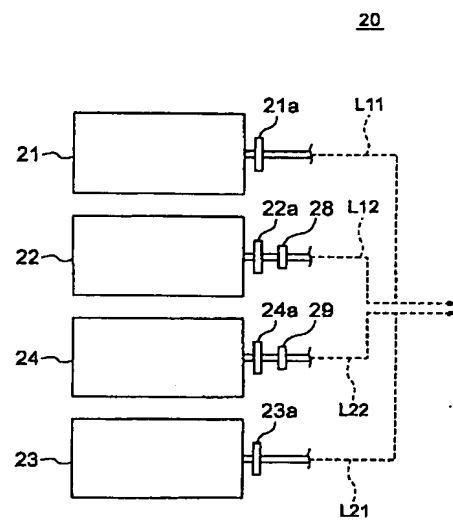
【図5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷
// B 2 3 K 101:40

識別記号

F I
B 2 3 K 101:40

テーマコード (参考)

THIS PAGE BLANK (USPTO)